

## SIFAT LISTRIK MEMBRAN SELULOSA ASETAT - TITANIUM DIOKSIDA

**J.Juansah\*, N. Cheriastiyana, K. Dahlan, Irmansyah**

*Bagian Biofisika, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga-Bogor*

*\*e-mail: j\_juansah@yahoo.com*

### ABSTRACT

*Membrane is a semipermeable tissue. Now days, the technology of membrane is commonly used for separation process. Research membrane filtration process is mostly done, but the investigations of their electrical properties are rarely performed. Electrical properties of membrane were investigated by using measurement of current-voltage, capacitance, and impedance phenomenon at low alternating current. The more value of frequency of signal, the more of conductance value. The capacitance and impedance were decreased if frequency was inclined. The  $TiO_2$  addition in cellulose membrane cause the electrical properties of membrane changes. It was happen until optimum value  $TiO_2$ . The differences in electrical parameters was shown clearly in the range of 10 Hz to 1 kHz.*

*Keywords: Cellulose membrane, electricity, alternating current*

### ABSTRAK

*Membran merupakan lapisan semipermeabel. Teknologi membran merupakan salah satu teknik yang dipergunakan dalam proses pemisahan. Telah banyak kajian filtrasi yang dipelajari pada membran, namun kajian sifat listrik terhadap membran sangatlah jarang. Sifat kelistrikan membran dapat dikaji melalui pengukuran karakteristik arus–tegangan, kapasitansi, impedansi, dan konduktansinya pada sinyal arus bolak-balik. Penambahan frekuensi berpengaruh terhadap penurunan nilai kapasitansi, impedansi dan peningkatan konduktans. Karakterisasi arus–tegangan dipengaruhi oleh konsentrasi  $TiO_2$  yang dimungkinkan memiliki batasan maksimum. Sifat listrik membran lebih terlihat berbeda jelas pada frekuensi antara 10 Hz hingga 1 kHz.*

*Kata kunci: Membran selulosa asetat, sifat listrik, arus bolak-balik*

### PENDAHULUAN

Membran memiliki peran penting dalam kehidupan manusia. Mulai dari organ-organ tubuh sampai penerapan industri tak bisa lepas dari membran. Membran merupakan lapisan semipermeabel yang dapat melewatkan komponen tertentu dan menahan komponen lain berdasarkan perbedaan ukuran komponen yang akan dipisahkan. Membran dapat berfungsi sebagai penghalang (barrier) yang sangat selektif di antara dua

fasa. Perkembangan teknologi membran saat ini telah meluas pada berbagai kalangan, baik kalangan akademis maupun industri. Apabila dibandingkan dengan proses-proses pemisahan yang lain, teknologi membran mempunyai beberapa keunggulan antara lain sederhana, dan ramah lingkungan. Membran mempunyai permeabilitas yang tinggi, selektivitas yang tinggi, stabil pada temperatur yang tinggi, kestabilan mekanik dan tahan terhadap zat kimia yang akan dipisahkan. Secara umum membran dapat didefinisikan sebagai suatu lapisan tipis semipermeabel diantara dua fasa yang berbeda karakter,<sup>1</sup> fasa pertama adalah *feed* atau larutan pengumpan dan fasa kedua adalah *permeate* atau hasil pemisahan. Fungsi utama dari suatu membran ialah sebagai penahan semipermeabel yang dapat melewatkan dan menahan komponen tertentu dalam suatu campuran.<sup>2</sup>

Membran selulosa asetat merupakan membran dengan morfologi asimetrik, Membran ini termasuk dalam kelompok membran nanofiltrasi yang tidak bermuatan. Membran selulosa asetat dalam filtrasi digunakan untuk menghilangkan koloid, mikroba, pirogen, partikel dengan modul higienis.<sup>3</sup>

Suatu membran akan memiliki sifat yang berbeda bila dikondisikan pada lingkungan tertentu. Pada proses terjadinya perubahan sifat-sifat dari membran tersebut akan memberikan informasi tentang lingkungan yang terkait dengan membran itu. Dengan memberikan suatu larutan ekstrak buah pada membran, maka akan terjadi gangguan sifat-sifat pada membran tersebut. Gangguan itu akan merubah kondisi output pengukuran pada membran. Kajian terhadap mekanisme gangguan dari luar tersebut akan berguna untuk penerapan dan aplikasi membran selanjutnya.<sup>4</sup>

## EKSPERIMENTAL

Membran selulosa asetat yang dibuat menggunakan teknik inversi fasa rendam-endap. Tahap awal dari pembuatan membran yaitu menimbang selulosa asetat 12% (b/b) dan dimasukkan ke dalam tabung Erlenmeyer, kemudian dilarutkan dengan menambahkan pelarut sebanyak 88% (b/b) asam asetat 100% ke dalam tabung, selanjutnya ditambahkan titanium dioksida dengan konsentrasi yang berbeda pada enam tabung yang berbeda sebagai variasi. Konsentrasi titanium dioksida yang digunakan yaitu 0%, 0,5%, 1%, 3%, 5%, dan 7%. Keenam larutan tersebut masing-masing ditutup dengan aluminium foil dan disimpan selama sekitar 2 jam hingga semua selulosa asetat larut. Setelah disimpan sekitar 2 jam, larutan dipanaskan selama 1 jam agar lebih homogen. Kemudian dicetak pada plat kaca dan didiamkan selama sekitar 2 jam, setelah itu membran dilepas.

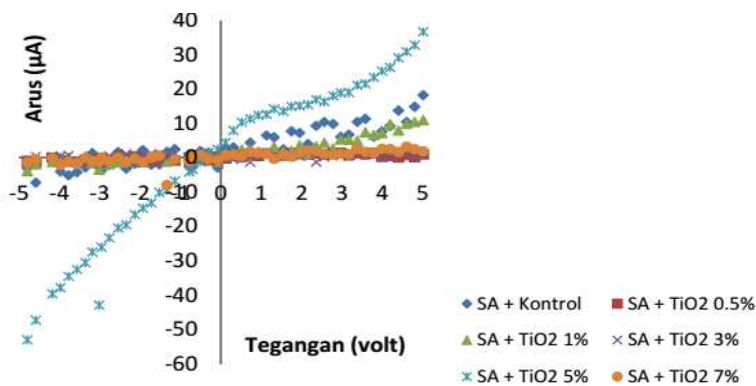
Untuk mengukur karakteristik arus-tegangan (I-V) menggunakan sepasang plat kapasitor yang mengapit membran selulosa asetat. Pengujian karakteristik I-V menggunakan Sourcemeter Keithley 2400 yang dijalankan dengan komputer yang dilengkapi perangkat lunak (software). Pengukuran dilakukan dengan memberikan tegangan awal dan tegangan akhir sebesar - 5 volt hingga 5 volt dan banyak data yang ditampilkan sebanyak 50 data dengan *sweep delay* 100. Parameter listrik lainnya diukur dengan

menggunakan LCR meter. Rentang frekuensi dalam orde kHz. Pilih parameter yang akan diukur pada bagian kiri: Cs untuk kapasitansi, Z untuk impedansi, G untuk konduktansi dan nilai fase ( $\theta$ ) untuk menentukan impedansi real dan impedansi imajiner.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kurva arus-tegangan membran

Hasil pengukuran kurva arus-tegangan (I-V) untuk membran selulosa asetat yang didadah dengan variasi  $\text{TiO}_2$  diperlihatkan pada Gambar 1. Pada kurva arus-tegangan tersebut digunakan juga membran selulosa asetat yang tidak dilakukan penambahan  $\text{TiO}_2$  atau disebut sebagai kontrol. Membran selulosa asetat merupakan polimer yang bersifat isolator yang dimungkinkan berperilaku seperti komponen resistor biasa. Hal ini juga didukung oleh hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh kurva I-V membran yang berbentuk linier. Dengan demikian membran tersebut merupakan membran netral yang bersifat Ohmik. Jika kurva yang diperoleh linear maka dapat di terapkan hukum Ohm dan nilai konduktansi listrik berbanding lurus dengan gradien arus tegangan.<sup>1</sup> Apabila semakin besar konsentrasi  $\text{TiO}_2$ , maka semakin besar konduktansi membran selulosa asetat, hal ini dapat dijelaskan dengan adanya aliran ion-ion ataupun elektron yang merupakan pembawa aliran arus listrik dan secara eksperimen dengan meninjau kemiringan kurva arus-tegangan tersebut.



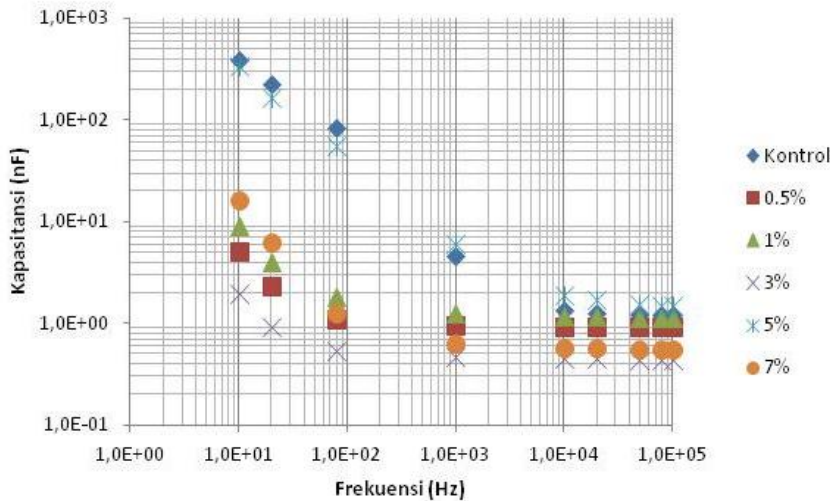
Gambar 1 Kurva arus-tegangan pada membran selulosa asetat yang didadah dengan  $\text{TiO}_2$  secara bervariasi.

Berdasarkan data yang diperoleh dari kurva arus tegangan membran selulosa asetat yang didadah  $\text{TiO}_2$  sebesar 5% menunjukan kemiringan kurva yang lebih tinggi diikuti dengan membran selulosa asetat kontrol. Kemudian diikuti dengan membran selulosa asetat yang didadah  $\text{TiO}_2$  sebesar 1%, 3%, 7% dan 0,5% yang saling berdekatan. Arus yang

dihasilkan pada konsentrasi  $\text{TiO}_2$  sebesar 5% berkisar sampai  $36,8 \mu\text{A}$  dengan tegangan 5 volt. Sehingga membran tersebut memiliki kemampuan menghantarkan listrik sekitar  $7,36 \mu\text{S}$  dan nilai ini lebih besar dibandingkan dengan pendadahan pada konsentrasi lainnya.

**Spektrum Kapasitansi Listrik Membran**

Sifat kapasitif bahan tidak lepas dari sifat dielektriknya. Penjelasan yang cukup mudah difahami pada fenomena kapasitif adalah dengan meninjau interaksi arus atau muatan pada model suatu kapasitor. Pada membrane, fenomena kapasitor tersebut memungkinkan terjadi. Bahkan permodelan Wagner juga menjelaskan lebih kompleks yang menyatakan kapasitansi menurun secara eksponensial ketika frekuensinya ditingkatkan. Peningkatan frekuensi mengakibatkan arus bolak-balik yang ditransmisikan semakin cepat atau banyak tiap detiknya. Sebelum kapasitor terisi penuh arus listrik sudah berbalik arah sehingga terjadi pengosongan muatan kembali pada plat kapasitor dengan cepat. Akibatnya muatan dalam kapasitor semakin berkurang dan kapasitansi kapasitor semakin kecil. Ketika suatu bahan dielektrik diletakkan di antara keping-keping kapasitor, medan listrik dari kapasitor mempolarisasikan molekul-molekul dari bahan dielektrik. Dengan demikian, adanya bahan dielektrik di antara plat kapasitor mengakibatkan timbul muatan-muatan pada permukaan yang cenderung memperlemah medan listrik. Pelemahan ini mengakibatkan pengurangan beda potensial antara plat-plat kapasitor yang berisi bahan dielektrik.



Gambar 2 Spektrum kapasitansi listrik pada membran selulosa asetat yang didadah dengan  $\text{TiO}_2$  yang bervariasi

Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa semakin bertambah frekuensi maka nilai kapasitansi yang terjadi pada membran selulosa asetat semakin menurun. Hasil eksperimen ini sesuai dengan permodelan Wagner yang menyatakan bahwa nilai kapasitansi semakin menurun secara eksponensial ketika frekuensinya meningkat pada jangkauan frekuensi yang cocok.<sup>5</sup> Pada

Gambar 2 memperlihatkan bahwa membran selulosa asetat kontrol dan membran selulosa asetat yang didadah  $\text{TiO}_2$  sebesar 5% mempunyai nilai yang hampir sama. Pada frekuensi tinggi membran selulosa asetat yang didadah  $\text{TiO}_2$  sebesar 5% memiliki kapasitansi yang lebih tinggi dari pada yang lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa membran selulosa asetat yang didadah  $\text{TiO}_2$  5% memiliki sifat yang sedikit berbeda dengan yang lainnya. Nilai kapasitansi selanjutnya diikuti oleh konsentrasi  $\text{TiO}_2$  1%, 0,5%, 7% dan yang paling rendah pada 3%. Kurva pada Gambar 2 tersebut juga menunjukkan terjadinya penurunan nilai kapasitansi secara tajam pada frekuensi di bawah sekitar 1 kHz, sedangkan pada frekuensi sekitar di atas 1 kHz nilai kapasitansi cenderung landai dan datar. Jelas dari kurva tersebut bahwa sensitivitas kapasitansinya terjadi pada frekuensi rendah. Sehingga pada frekuensi rendah tersebut membran bisa dibedakan satu sama lainnya.

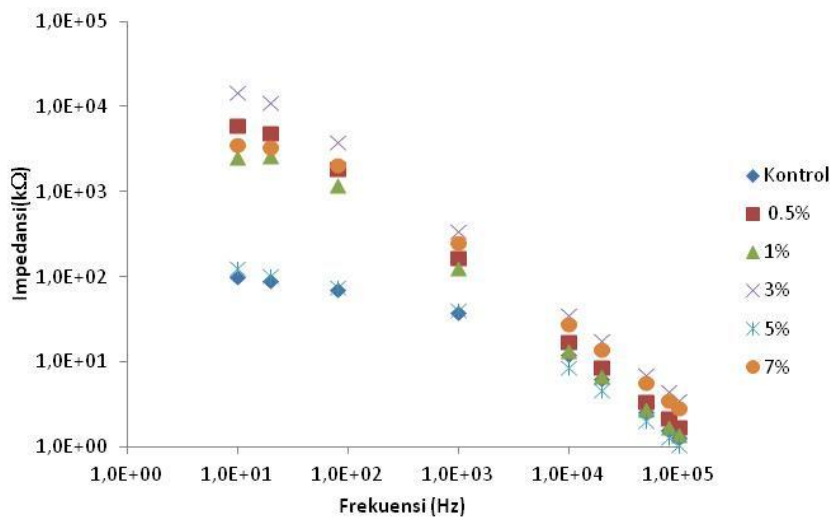
### **Spektrum impedansi listrik membran**

Impedansi merupakan hambatan aliran arus bolak balik. Secara matematis dapat dihitung dari rasio tegangan terhadap arus yang mengalir pada rangkaian. Pada rangkaian, impedansi dipengaruhi oleh frekuensi, resistansi, dan kapasitansinya. Pada saat frekuensinya dinaikkan maka reaktansi kapasitansi dan impedansinya akan menurun. Tetapi apabila frekuensi yang diberikan sangat rendah maka impedansinya akan besar. Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa penurunan impedansi terbesar terjadi pada konsentrasi 3% dengan penurunan sangat tajam. Penurunan terendah terjadi pada konsentrasi 5% yang hampir bersamaan dengan kontrol. Dengan adanya penambahan  $\text{TiO}_2$  yang semakin banyak maka membran yang sebelumnya bersifat nonkonduktif akan menjadi lebih konduktif yang mempunyai daya hantar listrik yang besar sehingga elektron mengalir menjadi semakin mudah ketika melewati membran dan impedansi yang dihasilkan akan semakin kecil. Namun dari hasil eksperimen diperoleh data pada konsentrasi 5% memiliki impedansi paling rendah dibandingkan konsentrasi 0,5%, 1%, 3%, dan 7%. Ketidakteraturan perubahan impedansi terhadap konsentrasi ini dimungkinkan karena adanya batasan optimum perbandingan selulosa asetat dan  $\text{TiO}_2$ .

Tinjauan impedansi listrik tidak akan lepas pula dari kajian konduktansinya. Konduktansi listrik membran sangat bergantung pada frekuensi. Sesuai dengan permodelan rangkaian membran Maxwell – Wagner, saat frekuensi rendah konduktansi membran akan semakin kecil dan saat frekuensi tinggi konduktansi membran akan semakin besar. Hal ini mengakibatkan pergerakan muatan yang berlangsung secara cepat sehingga semakin banyak jumlah muatan yang bergerak, maka konduktansinya menjadi semakin besar. Hal ini berakibat pada nilai impedansi yang akan menurun. Membran selulosa asetat yang didadah dengan  $\text{TiO}_2$  akan mengalami perubahan impedansi dan sekaligus konduktansinya. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa membran selulosa asetat yang didadah  $\text{TiO}_2$  5% memiliki nilai konduktansi yang lebih tinggi daripada yang lain.

Distribusi ionik pada permukaan membran tidak sederhana yang dijelaskan sebelumnya, namun semua ini dipengaruhi oleh banyak faktor yang sangat kompleks. Seperti pada banyak kasus, penjelasan sifat listrik

membran yang meliputi distribusi ion adalah suatu efek yang disebabkan oleh ukuran, *Donnan exclusion* dan *dielectric effects*.<sup>6</sup> Pergerakan ion atau elektron yang melewati membran sangat dipengaruhi oleh besarnya frekuensi sinyal yang diberikan. Chilcott<sup>7</sup> menjelaskan profil besarnya konduktansi dan arus yang terjadi pada sistem membran ketika frekuensi rendah dan ketika frekuensi tinggi. Pada frekuensi rendah arus relatif lebih besar daripada pada saat frekuensi tinggi. Hal ini juga diperkuat dengan data hasil eksperimen yang menunjukkan bahwa impedansinya kecil ketika frekuensi meningkat.



Gambar 3 Spektrum impedansi listrik pada membran selulosa asetat yang didadah dengan  $\text{TiO}_2$  secara bervariasi.

## SIMPULAN

Sifat listrik membran selulosa asetat dipengaruhi oleh frekuensi. Untuk nilai kapasitansi yang dihasilkan berorde nano farad dan nilai impedansi berorde kilo ohm. Nilai kapasitansi membran selulosa asetat terbesar adalah pada konsentrasi  $\text{TiO}_2$  5%. Nilai impedansi menurun seiring dengan pertambahan frekuensi. Pada selang frekuensi rendah. Nilai impedansi menurun secara tajam, namun pada selang frekuensi tinggi penurunan nilai impedansi cenderung landai. Nilai impedansi tertinggi pada membran selulosa asetat yang  $\text{TiO}_2$  3% dan yang terendah pada membran selulosa asetat yang  $\text{TiO}_2$  5%. Kemiringan kurva arus – tegangan menyatakan nilai konduktansi membran selulosa asetat yang didadah dengan  $\text{TiO}_2$ . Pada konsentrasi  $\text{TiO}_2$  5% memiliki arus – tegangan memiliki gradien terbesar dibandingkan dengan konsentrasi lainnya termasuk juga membran kontrol. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran sifat listrik dengan LCR meter, dimana konduktansi terbesar juga pada konsentrasi  $\text{TiO}_2$  5%.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Juansah J, K Dahlan, A Maddu. Karakteristik Arus-Tegangan Membran Polisulfon Dalam Larutan Elektrolit Pada Berbagai Frekuensi, Konsentrasi Dan Suhu. *Buletin Kimia* 2002; 2.
2. Mangunwidjaja, Djumali, Darnoko. *Teknologi Membran Pada Bioproses*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi. IPB. Bogor; 1990.
3. Hartomo AJ, MC Widiatmoko. *Teknologi Membran Pemurnian Air*. Andi Offset, Yogyakarta; 1994.
4. Juansah J, K. Dahlan, M Rakhmanuddin, Irmansyah. Kajian Membran Selulosa Asetat sebagai sensor Keasaman dari Ekstrak Buah-buahan. *Jurnal Biofisika* 2006; 2 (1).
5. Coster HGL. The Double Fixed Charge Membrane Low Frequency Dielectric Dispersion. *Biophysical Journal* 1973; 13:118-132.
6. Szymczyk A, P Fievet. Investigating transport properties of nanofiltration membranes by means of a steric, electric and dielectric exclusion model. *Journal of Membrane Science* 2005; 252: 77–88.
7. Chilcott TC, M Chan, L Gaedt, T Nantawisarakul, AG Fane, HGL Coster. Electrical impedance spectroscopy characterisation of conducting membranes. *Journal of Membrane Science* 2002; 195: 153–167.